



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Jung-Min RO et al.

Docket: 678-1270

Serial No: 10/666,514

Dated: November 12, 2003

Filed: September 18, 2003

For: **APPARATUS AND METHOD FOR
GUARD INTERVAL INSERTING/REMOVING
IN AN OFDM COMMUNICATION SYSTEM**

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Enclosed is a certified copy of Korean Appln. No. 61332/2002 filed on
October 8, 2002, from which priority is claimed under 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

Paul J. Farrell
Registration No. 33,494
Attorney for Applicants

DILWORTH & BARRESE, LLP
333 Earle Ovington Boulevard
Uniondale, New York 11553
(516) 228-8484

CERTIFICATE OF MAILING UNDER 37 C.F.R. § 1.8 (a)

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, postpaid in an envelope, addressed to the: Commissioner of Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on November 12, 2003.

Dated: November 12, 2003

Paul J. Farrell



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0061332
Application Number

출원 년 월 일 : 2002년 10월 08일
Date of Application OCT 08, 2002

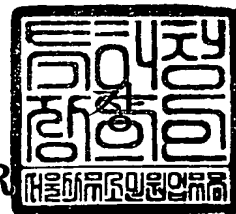
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 09 월 19 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.10.08
【국제특허분류】	H04J
【국제특허분류】	H04L
【발명의 명칭】	직교주파수분할다중 통신시스템의 보호구간 삽입/제거 장치 및 방법
【발명의 영문명칭】	GUARD INTERVAL INSERTING/REMOVING APPARATUS AND METHOD IN AN OFDM COMMUNICATION SYSTEM
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	리아오 진지
【성명의 영문표기】	LIAO, Jingyi
【주소】	중국 베이징 종구안천 사이언스 앤 테크놀로지 타워 No.9
【국적】	CN
【발명자】	
【성명의 국문표기】	노정민
【성명의 영문표기】	RO, Jung Min
【주민등록번호】	770108-2000719
【우편번호】	442-192
【주소】	경기도 수원시 팔달구 우만2동 28 주공아파트 105-105
【국적】	KR

【발명자】**【성명의 국문표기】** 왕 하이**【성명의 영문표기】** WANG, Hai**【주소】** 중국 베이징 종구안천 사이언스 앤 테크놀로지 타워 No.9**【국적】** CN**【발명자】****【성명의 국문표기】** 첸 용천**【성명의 영문표기】** CHEN, Yongchun**【주소】** 중국 베이징 종구안천 사이언스 앤 테크놀로지 타워 No.9**【국적】** CN**【발명자】****【성명의 국문표기】** 카오 펑밍**【성명의 영문표기】** CAO, FENGMING**【주소】** 중국 베이징 종구안천 사이언스 앤 테크놀로지 타워 No.9**【국적】** CN**【발명자】****【성명의 국문표기】** 주판유**【성명의 영문표기】** JOO, Pan Yuh**【주민등록번호】** 701027-1053025**【우편번호】** 135-270**【주소】** 서울특별시 강남구 도곡동 우성 리빙텔 1702호**【국적】** KR**【발명자】****【성명의 국문표기】** 박동식**【성명의 영문표기】** PARK, Dong Seek**【주민등록번호】** 670419-1696411**【우편번호】** 449-906**【주소】** 경기도 용인시 기흥읍 서천리 SK 107-1802**【국적】** KR**【공지예외적용대상증명서류의 내용】****【공개형태】** 통신회선발표**【공개일자】** 2002.09.18**【취지】** 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인
이건주 (인)



1020020061332

출력 일자: 2003/9/25

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	26	면	26,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	0	항	0	원
【합계】	55,000	원		

2

**【요약서】****【요약】**

직교주파수분할다중(OFDM) 방식을 사용하는 시스템에서 정확한 심볼 동기 획득을 가능하게 하고, 주파수 편차 및 채널 추정 성능을 높이는 송수신 장치 및 방법이 개시되어 있다. 이러한 본 발명의 실시예에 따른 송신 장치는 보호구간 삽입부를 포함한다. 상기 보호구간 삽입부는 송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하고, 상기 복사된 구간 데이터들을 상기 입력 데이터열의 미리 설정된 보호구간 위치에 삽입한다. 선택부는 상기 보호구간 삽입부의 출력 데이터열과 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들을 선택적으로 입력하고, 상기 출력 데이터열에 상기 특정 워드들이 삽입된 OFDM 심볼을 출력한다.

【대표도】

도 6

【색인어】

OFDM, 보호구간, 특정 워드들, 데이터열



【명세서】

【발명의 명칭】

직교주파수분할다중 통신시스템의 보호구간 삽입/제거 장치 및 방법 {GUARD INTERVAL INSERTING/REMOVING APPARATUS AND METHOD IN AN OFDM COMMUNICATION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 전형적인 직교주파수분할다중(OFDM) 통신시스템의 블록 구성도.

도 2는 종래기술에 따라 보호구간이 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따라 파일럿 보호구간이 추가 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따라 파일럿 보호구간이 추가 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 3c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 파일럿 보호구간이 추가 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 4a는 본 발명의 실시예에 따라 CP 방식의 복사 보호구간 및 파일럿 보호구간이 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 4b는 본 발명의 실시예에 따라 CS 방식의 복사 보호구간 및 파일럿 보호구간이 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.

도 4c는 본 발명의 실시예에 따라 CA 방식의 복사 보호구간 및 파일럿 보호구간이 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조도.



도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 송신 장치에 대한 구성도.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 삽입 장치의 구성도.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 삽입 동작의 처리 흐름도.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 수신 장치에 대한 구성도.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 제거 장치의 구성도.

도 10은 본 발명의 실시예에 따라 파일럿 보호구간을 이용하여 시간 동기 및 주파수 편차 추정을 위한 동기 획득부의 구성도.

도 11 내지 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 시뮬레이션 결과들을 보여주는 도면들.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 직교주파수분할다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 이하 "OFDM"이라 칭함) 방식의 통신시스템에 관한 것으로, 특히 보호구간이 삽입된 OFDM 심볼을 생성하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

<17> 일반적으로 무선 통신 시스템에서는 송신하고자 하는 데이터를 소정의 반송파에 실어 전송하게 된다. 또한 송신하고자 하는 데이터를 일정한 반송파를 통해 전송하기 위해서는 변조의 과정을 거치게 된다. 이러한 변조 방식들에는 여러 가지 방식들이 사용될 수 있으나, 대표적으로 OFDM 방식이 사용될 수 있다.

- <18> 상기 OFDM 방식은 유럽, 일본 및 호주의 디지털 TV 표준으로 채택될 것으로 기대되는 4세대(4G) 변조 기술이며, 1990년 초에 무선 LAN(Local Area Network) 기술로서 처음 장려되었다. 상기 OFDM 기술은 정확한 주파수에서 일정 간격만큼씩 떨어져있는 많은 수의 반송파에 데이터를 분산시킨다. 이를 통해 데이터를 수신하는 복조기는 자기 자신에게 전송되지 않은 다른 주파수를 참조하는 것을 방지한다. 즉, 다른 신호와의 "직교성"을 제공한다.
- <19> 상기 OFDM 방식의 시스템에서 사용되는 각 반송파의 변조 방식은 대체로 음성 방송용에는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 지상파 디지털 TV 방송용으로는 대역 이용 효율이 우수한 64QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 등의 다중 변조방식이 이용된다. 상기 OFDM 방식의 시스템은 상기한 바와 같이 각 특성에 따라 각기 다른 변조 방식을 사용하게 된다. 그런데, 각 변조 방식과는 별도로 OFDM 방식의 통신 시스템에서 데이터의 전송은 전송 OFDM 심볼을 단위로 하여 이루어진다. 상기 OFDM 방식의 통신 시스템에서 사용되는 각 전송 OFDM 심볼은 유효 심볼 구간과 보호구간(GUARD INTERVAL)으로 구성된다. 여기서, 보호구간은 멀티패스(고스트)의 영향을 줄이기 위한 신호 구간이다.
- <20> 상기 OFDM 방식을 사용하는 시스템은 송신하고자 하는 N개의 병렬 데이터를 상호 직교성을 가지는 N개의 부반송파 주파수에 실어 다중화한다. 그런 후 상기 다중화된 각 데이터를 모두 합해서 전송한다. 이때 N개의 병렬 데이터를 하나의 OFDM 심볼로 보면, 하나의 심볼 내에서 N개의 부반송파(sub-carrier)가 갖는 직교성은 부반송파 채널간의 영향을 없게 한다. 따라서, 기존의 단일 반송파 전송 방식과 비교하면, 동일한 심볼 전송율을 유지하면서도 심볼 주기를 부채널 수(N)만큼 증가시킬 수 있다.
- <21> 또한, 전송되는 심볼 주기를 늘려서 심볼 사이에 보호구간을 삽입할 경우에는, 다중경로를 통과하여 수신된 심볼들의 지연 때문에 발생할 수 있는 심볼간 간섭과 다중경로지연을 제거

할 수 있고, 부반송파의 직교성이 계속 유지될 수 있다. 또한 이를 통해 부반송파의 직교성이 어긋남으로 인해 발생하는 채널간 간섭도 줄일 수 있다.

<22> 특히, 상기 OFDM 신호를 수신하는 수신단에서는 심볼 사이에 삽입된 보호구간을 이용하여 동기화 과정을 수행할 수 있다. OFDM의 동기화 과정에는 심볼 시간 편차를 찾는 동기화와, 주파수 편차를 찾는 동기화가 있다. 심볼 시간 동기 획득은 OFDM 심볼들의 시작점을 추정하는 것이며, 주파수 편차를 찾는 동기는 OFDM의 부반송파의 주파수 편차의 정도를 추정하는 것이다

<23> OFDM 심볼의 보호구간을 이용한 시간 동기 획득은 다음의 특성을 갖는다. 보호구간으로 복사된 샘플들과 보호구간 내의 샘플들 간에는 서로 상관 관계를 가진다. 따라서 임의의 심볼에서 보호구간과 보호구간으로 복사된 구간의 상관 값을 구해보았을 때 최대의 상관 값을 갖는 부분을 심볼의 시작으로 간주할 수 있게 된다. 일반적으로, 보호구간을 이용하여 시간 동기 획득을 완료한 후에 이 정보를 이용하여 주파수 편차를 추정한다. 수신된 OFDM 심볼의 주파수 편차를 찾는 동기 과정이 정확하지 않은 경우 유효 데이터의 손실을 방지할 수 없다. 이러한 특성으로 인해 채널의 추정에 필요한 파일럿(pilot) 심볼을 필요로 하지 않게 된다. 따라서 상기와 같은 OFDM 방식을 사용할 경우 대역효율을 높일 수 있고, 전력소모를 줄일 수 있다.

<24> 상술한 바와 같은 이유로 인하여 디지털 오디오 방송(DAB: Digital Audio Broadcasting), 디지털 비디오 방송(DVB : Digital Video Broadcasting), 디지털 지상 텔레비전 방송(DTTB : Digital Terrestrial Television Broadcasting), 무선 랜(Wireless Local Area Network), 무선 에이티엠(Wireless Asynchronous Transfer Mode) 등의 고속 데이터 전송 시스템을 필요로 하는 분야에서 무선 통신 시스템들이 개발되고 있다. 물론, 이들 OFDM 시스템에서 보호구간을 삽입하는 기술은 필수적으로 요구되는 사항이다. 또한 ADSL(Asymmetric Digital

Subscriber Line), VDSL(Very-high bit rate Digital Subscriber Line) 등과 같이

DMT(Discrete Multi-Tone)방식을 채용하는 디지털 유선 통신 시스템에서도 보호구간을 삽입하는 기술은 필수적 요구사항이다.

<25> 도 1은 전형적인 OFDM 통신시스템의 블록 구성을 보여주는 도면으로, 채널 환경을 포함한 송신기 및 수신기의 블록 구성을 보여주고 있다.

<26> 상기 도 1을 참조하면, OFDM 송신기(110)는 변조부(Mapper)(111), 직/병렬(S/P: Serial-to-Parallel) 변환부(112), N개의 크기를 갖는 역 고속푸우리에변환(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)부(113), 병/직렬(P/S: Parallel-to-Serial) 변환부(114), 보호구간 삽입부(115), 디지털/아날로그(D/A: Digital/Analog) 변환부(116)로 구성된다.

<27> 송신하고자 하는 데이터(Data Source)는 송신기(110)의 변조부(111)로 입력된다. 상기 변조부(111)로 입력된 데이터는 각 시스템에서 사용되는 변조 방식에 따라 변조되어 직/병렬 변환부(112)로 입력된다. 따라서 변조된 직렬의 데이터는 직/병렬 변환부(112)에서 N개의 병렬 데이터인 $X_1(k)$ 과 같이 변환되어 IFFT부(113)로 입력된다. 이에 따라 상기 IFFT부(113)는 상기 N개의 병렬 데이터를 역 푸우리에 변환하고 이를 상기 병/직렬 변환부(114)로 입력된다. 그러면 상기 병/직렬 변환부(114)는 역 푸우리에 변환된 데이터를 직렬 데이터인 $x_1(n)$ 와 같이 변환되어 출력한다. 상기 병/직렬 변환부(114)에서 출력된 데이터는 보호구간 삽입부(115)로 입력되어 보호구간(Guard Interval)이 삽입되어 OFDM 심볼인 $\tilde{x}(n)$ 과 같이 변환하여 출력한다. 이와 같이 출력된 OFDM 심볼은 D/A 변환부(116)를 통해 아날로그 신호로 변환되어 소정의 무선 채널을 통해 송신된다.



- <28> 상술한 과정을 통해 생성된 OFDM 심볼이 무선 채널을 통해 송신될 때 다중 경로 채널 (Multipath Channel)(120)을 통해 전송된다. 상기 다중 경로 채널(120)을 함수 $H_1(k)$ 라 가정하면, 상기 출력된 OFDM 심볼들은 상기 함수에 의한 계산이 이루어진 후 출력된 값으로 볼 수 있다. 또한 채널 환경에서 발생하는 잡음을 $\tilde{w}_1(\tilde{n})$ 라 하면, 상기 함수에 의한 값에 상기 발생된 잡음이 더해진 신호가 수신기에서 수신하는 신호가 된다.
- <29> 상기 수신기(130)는 아날로그/디지털(A/D: Analog/Digital) 변환부(131)와, 보호구간 제거부(132)와, 직/병렬 변환부(133)와, N개의 크기를 갖는 고속푸리에변환(FFT: Fast Fourier Transform)부(134)와, 등화기(Equalizer)(135)와, 동기 및 채널 추정(Synchronization & Channel Estimation)부(136)와, 병/직렬 변환부(137)와, 복조부(Demapper)(138)로 구성된다.
- <30> 상기 다중 경로(120)를 거치면서 잡음이 추가되어 수신된 신호는 A/D 변환부(131)로 입력된다. 상기 A/D 변환부(131)는 수신된 아날로그 신호를 $\tilde{y}_1(\tilde{n})$ 과 같은 디지털 신호로 변환하여 출력한다. 상기 A/D 변환부(131)에서 출력된 디지털 신호는 보호구간 제거부(132)로 입력된다. 상기 보호구간 제거부(132)는 입력된 신호에서 송신 시에 삽입되었던 보호구간을 제거하여 $y_1(n)$ 과 같은 신호를 출력한다. 즉, 상기 보호구간 제거부(132)에서 보호구간이 제거된 신호는 유효한 OFDM 데이터만으로 구성된 신호이다. 상기 유효한 OFDM 신호는 직/병렬 변환부(133)로 입력된다. 상기 직/병렬 변환부(133)는 입력된 신호를 병렬 처리하여 FFT 처리부(134)로 출력한다. 상기 FFT 처리부(134)는 크기가 N인 FFT 변환 처리를 수행하여 $Y_1(k)$ 과 같은 FFT 변환된 병렬 데이터를 출력한다.
- <31> 상기 FFT 변환된 병렬 데이터는 등화기(135)로 입력되어 채널 등화된 후 $\hat{X}_1(k)$ 와 같은 신호로 출력된다. 상기 등화기(135)에서 출력된 신호는 병/직렬 변환기(137)로 입력된다. 상기



병/직렬 변환기(137)는 입력된 신호를 직렬 변환한 후 출력한다. 상기 직렬로 변환된 신호는 복조부(138)로 입력되어 복조 된다. 이를 통해 온전한 데이터를 추출할 수 있다. 또한 동기 및 채널 추정부(136)에서는 심볼 동기획득이 이루어지고, 등화기(135) 탭 설정을 위한 채널추정을 수행한다.

- <32> 상술한 바와 같은 과정 중 상기 보호구간 삽입부(115)에서의 보호구간 삽입방식은 인접한 OFDM 심볼 사이에 채널의 임펄스 응답보다 긴 CP(Cyclic Prefix)를 보호구간에 삽입함으로써, 인접 심볼간 간섭과 인접 채널간 간섭의 영향을 제거하는 것이다.
- <33> 도 2는 종래기술에 따라 보호구간이 삽입되어 생성되는 OFDM 심볼의 구조를 보여주는 도면으로, CP 방식으로 보호구간이 삽입된 OFDM 심볼의 구조를 보여주고 있다.
- <34> 상기 도 2에서는 부채널간의 직교성을 유지하기 위하여, T개 샘플로 구성된 유효데이터 앞부분에 T_C 개 샘플로 이뤄진 보호구간을 두는 것을 볼 수 있다. 이때 보호구간(20)의 T_C 개 샘플은 유효 데이터의 뒷부분에서 보호구간크기(T_C)개 샘플(21)만큼 복사하여 만들어진 것이다. 따라서 OFDM 심볼의 크기는 CP를 구성하는 샘플 T_C 개와 유효 데이터를 구성하는 샘플 T개의 합이 된다. 이 방식은 먼저, 보호구간이 삽입될 크기(T_C 개 샘플)만큼 지연된 후 IFFT된 유효한 데이터(T개 샘플)가 직렬 형태로 들어오고 이 유효 데이터 중 뒷부분이 지연된 구간에 CP로서 복사되므로, FFT/IFFT 크기 T만큼의 지연소자(버퍼)나 메모리나 메모리주소 발생기가 필수적으로 요구되며 T_C 클록만큼의 초기 지연이 발생한다.
- <35> 상기 도 2의 방식으로 구현된 심볼에서 동기획득을 수행할 경우, 보호구간(T_C) 동안 CP와 상기 CP로 복사된 심볼 구간 즉 도 2에서 보호구간(20)과 복사되는 유효구간(21)이 상관과정을 수행하여, 심볼의 시작동기를 획득한다. 이 때 동기획득을 위하여 수신단에서 정확한 심

불대잡음비(SNR: symbol to noise ratio)를 알고 있어야 한다는 제약조건이 있다. 즉, 수신단에서 정확한 심볼 대 잡음비를 계산해내지 못하면, 정확한 심볼의 동기 획득을 기대할 수 없고, 이를 바탕으로 한 주파수 편차 추정도 할 수 없다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <36> 따라서 본 발명의 목적은 OFDM 방식을 사용하는 시스템에서 정확한 심볼 동기 획득을 가능하게 하고, 주파수 편차 및 채널 추정 성능을 높이는 송수신 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <37> 본 발명의 다른 목적은 OFDM 방식을 사용하는 시스템에서 정확한 심볼 동기 획득을 통하여 인접 심볼간 간섭 및 인접 채널간 간섭을 줄이는 송수신 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <38> 본 발명의 또 다른 목적은 OFDM 방식을 사용하는 시스템에서 전송 효율을 높이기 위해 파일럿 시퀀스를 전송하는 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <39> 이러한 목적들을 달성하기 위한 본 발명은 직교주파수분할다중(OFDM) 방식 통신시스템에서, 보호구간과 데이터 구간으로 구성되는 OFDM 심볼을 송신하기 위한 장치를 제안한다.
- <40> 본 발명의 실시예에 따른 송신 장치의 보호구간 삽입부는 송신을 위해 입력되는 데이터 열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하고, 상기 복사된 구간 데이터들을 상기 입력 데이터열의 미리 설정된 보호구간 위치에 삽입한다. 선택부는 상기 보호구간 삽입부의 출력 데이터열과 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들을 선택적으로 입력하고, 상기 출력 데이터열에 상기 특정 워드들이 삽입된 OFDM 심볼을 출력한다.

- <41> 상기 송신 장치는 상기 특정 워드들을 저장하기 위한 버퍼와, 상기 선택부의 선택적 입력 동작을 제어하기 위한 제어부를 더 포함한다.
- <42> 일 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치한다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치하거나, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 뒤, 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치하거나, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 사이에 위치할 수 있다.
- <43> 다른 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 뒤 부분에 위치한다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치할 수 있다.
- <44> 또 다른 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분과 뒤 부분에 위치한다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치할 수 있다.
- <45> 전술한 바와 같은 내용은 당해 분야 통상의 지식을 가진 자는 후술되는 본 발명의 구체적인 설명으로 보다 잘 이해할 수 있도록 하기 위하여 본 발명의 특징들 및 기술적인 장점들을 다소 넓게 약술한 것이다.
- <46> 본 발명의 청구범위의 주제를 형성하는 본 발명의 추가적인 특징들 및 장점들이 후술될 것이다. 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 동일한 목적들을 달성하기 위하여 다른 구조들을 변경하거나 설계하는 기초로서 발명의 개시된 개념 및 구체적인 실시예가 용이하게 사용될 수도 있다는 사실을 인식하여야 한다. 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 또한 발명과 균등한 구조들이 본 발명의 가장 넓은 형태의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않는다는 사실을 인식하여야 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <47> 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다.
- <48> 또한 하기 설명에서는 구체적인 메시지 또는 신호등과 같은 많은 특정(特定) 사항들이 나타나고 있는데, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들 없이도 본 발명이 실시될 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- <49> A. 본 발명의 원리
- <50> 본 발명은 OFDM 방식의 통신시스템(이하 "OFDM"시스템이라 칭함)의 수신단에서 보다 정확한 심볼 동기의 획득과 주파수 편차(offset) 및 채널 추정(channel estimation)을 가능하게 하기 위해, 기존의 CP(Cyclic Prefix)에 의해 구성된 보호구간에 특정워드(UW: Unique Word) 시퀀스가 추가된 보호구간을 포함하는 OFDM 심볼을 생성한다. 이러한 본 발명은 전형적으로 OFDM 시스템에 적용될 수 있지만, 이에 국한되지 않고 OFDM-CDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Code Division Multiplexing) 방식의 시스템, OFDM-FH-CDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Frequency Hopping - Code Division Multiplexing) 방식의



시스템 또는 DMT(Discrete Multi-Tone) 방식의 시스템 등에도 동일하게 적용될 수 있다는 사실에 유의하여야 한다.

<51> 본 발명의 실시예에 따라 OFDM 심볼의 보호구간에 삽입되는 특정워드 시퀀스에는 CAZAC (Constant Amplitude Zero Auto-Correlation) 특성을 가지는 파일럿 데이터열이 사용될 수 있다. 여기서, CAZAC 특성이란 데이터열의 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성이 '0'을 가지는 것을 의미한다. 이러한 데이터열로 널리 알려진 추(Chu), 프랭크 자도프(Frank-Zadoff) 데이터열이 사용될 수 있다. 이들 데이터열은 2^n 의 길이를 가지며, 길이에 따라 하기의 <표 1>과 같은 형식의 데이터열이 특정워드 시퀀스로서 사용될 수 있다. 즉, 상기와 같은 CAZAC 특성을 가지는 특정워드 시퀀스가 'UW 시퀀스' 또는 '파일럿 데이터열'로서 사용될 수 있다.

<52> 【표 1】

길이	형식
8	Chu
16	Frank-Zadoff
32	Chu
64	Frank-Zadoff
128	Chu
256	Frank-Zadoff
512	Chu

<53> 데이터열은 n 으로 인덱스된 I 와 Q 성분으로 길이는 U , $0 \leq n < U$ 이다.

<54> 【수학식 1】 $I[n] = \cos(\theta[n])$

<55> $Q[n] = \sin(\theta[n])$

<56> 여기서, Chu 데이터열은 $\theta(n) = \theta_{chu}[n]$ 이고, Frank-Zadoff 데이터열은 $\theta[n] = \theta_{frank}[n]$ 이다.

<57> Chu 데이터열은 하기의 <수학식 2>와 같고, Frank-Zadoff 데이터열은 하기의 <수학식 3>과 같다.

<58>

【수학식 2】 $\theta_{chu}[n] = \frac{\pi n^2}{U}$

<59>

$\theta_{frank}[n=p+q\sqrt{U}] = \frac{2\pi pq}{U}$
 $p=0, 1, \dots, \sqrt{U}-1$
 $q=0, 1, \dots, \sqrt{U}-1$

【수학식 3】

<60>

본 발명에 OFDM의 보호구간에 더하여질 파일럿 데이터열은 상기 데이터열을 버퍼나 메모리에 저장한 후 제어신호에 의해서 OFDM 심볼의 보호구간 앞에 더해진다.

<61>

도 3a는 본 발명에 따라 상기 시간영역 파일럿 데이터열이 기존 보호구간 삽입 방식으로 삽입된 보호구간 앞에 더해진 OFDM 심볼의 구조도이다. 이하의 설명에서 기존의 보호구간 삽입 방식으로 삽입된 보호구간을 "복사 보호구간"이라 칭하며, 파일럿 데이터열로 만들어진 보호구간을 "파일럿 보호구간"이라 칭한다.

<62>

파일럿 보호구간은 도 3a와 같이 복사 보호구간 앞에 삽입될 수도 있고, 도 3b와 같이 복사 보호구간과 유효 데이터 사이에 삽입될 수도 있다. 또한, 도 3c와 같이 복사 보호구간 사이에 파일럿 보호구간이 삽입될 수도 있다. 도 3c는 하나의 실시예로서 복사 보호구간이 반으로 나뉘고 그 사이에 파일럿 보호구간이 삽입되는 것을 보여주는데, 복사 보호구간이 꼭 반으로 나뉘지 않고 일정 비율로 나뉘 수도 있다.

<63>

도 4a는 본 발명에 따라 상기 시간영역 파일럿 데이터열을 포함하는 보호구간을 삽입한 OFDM 심볼의 구조도 이다.

<64>

본 발명에 따른 바람직한 실시예에서는 기존 보호구간 삽입 방식을 CP 방식으로 설정하였다. CP 방식으로 보호구간을 삽입하는 것은 하나의 실시예이며, 다른 방식으로 보호구간을 삽입할 경우에도 본 발명이 적용될 수 있다. CP 방식으로 OFDM 심볼을 발생시키는 과정은 도면 2를 참조하여 상기되어 있다. CP 방식으로 정해진 보호구간에 파일럿 데이터열을 더하는 과정

을 도면을 참조하여 설명한다. 따라서 본 발명에 따른 보호구간은 전술한 도 2에서와 같이 T_C 만큼을 가지지 않고 복사 보호구간과 파일럿 보호구간의 합인 T_C+T_P 만큼을 가진다.

<65> 복사 보호구간은 유효 데이터로부터 복사하여 사용하고 있다. 이를 도 4a를 참조하여 설명하면 유효 데이터의 $T+T_P \sim T+T_C+T_P$ 사이의 데이터(410)를 복사하여 복사 보호구간(411)($T_P \sim T_C+T_P$)에 삽입한다. 파일럿 보호구간은 상기 설명한 CAZAC 특성을 갖는 파일럿 데이터열로 구성된다. 미리 정의된 길이만큼의 데이터열은 $0 \sim T_P$ 구간 동안(412) 삽입된다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는 파일럿 보호구간이 복사 보호구간에 앞서서 삽입되는 예를 설명하였다. 그러나 복사 보호구간을 기준으로 하여 어떠한 위치에서든 파일럿 보호구간이 삽입될 수 있다. 즉, 복사 보호구간의 사이에 파일럿 보호구간이 삽입될 수도 있다. 이와 같이 구성하여 하나의 OFDM 심볼이 완성된다.

<66> 도 4b는 도 4a의 실시예와 복사 보호구간의 삽입 방식이 다른 예를 보인다. 이 실시예에서는 복사 보호구간 삽입 방식을 CS (Cyclic Suffix: 유효데이터 맨 앞의 일정 구간을 복사하여 유효데이터 맨 뒤에 붙이는 보호구간 삽입 방식) 방식으로 설정하였다.

<67> 상기 도 4b를 참조하여 CS 방식으로 복사 보호구간을 삽입하고, 파일럿 보호구간을 삽입하는 것을 설명하면, 유효 데이터의 $T_P \sim T_C+T_P$ 사이의 데이터(420)를 복사하여 복사 보호구간(421)($T+T_P \sim T+T_C+T_P$)에 삽입한다. 파일럿 보호구간은 상기 설명한 CAZAC 특성을 갖는 파일럿 데이터열로 구성된다. 미리 정의된 길이만큼의 데이터열은 $0 \sim T_P$ 구간 동안(423) 삽입된다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는 파일럿 보호구간이 복사 보호구간에 앞서서 삽입되는 예를 설명하였다. 그러나 복사 보호구간을 기준으로 하여 어떠한 위치에서든 파일럿 보호구간이 삽입될 수 있다. 즉, 복사 보호구간의 사이에 파일럿 보호구간이 삽입될 수도 있다. 이와 같이 구성하여 하나의 OFDM 심볼이 완성된다.



<68> 도 4c는 도 4a의 실시예와 복사 보호구간의 삽입 방식이 다른 예를 보인다. 이 실시예에서는 복사 보호구간 삽입 방식을 CA (Cyclic Affix: 유효데이터 사이의 일정 구간을 복사하고 일정 비율로 나누어, 유효데이터 맨 앞과 뒤에 나누어 붙이는 보호구간 삽입 방식) 방식으로 설정하였다.

<69> 상기 도 4c를 참조하여 CA 방식으로 복사 보호구간을 삽입하고, 파일럿 보호구간을 삽입하는 것을 설명하도록 한다. 복사 보호구간은 유효 데이터 중 $T_p+T/2 \sim T_c/2+T_p+T/2$ 사이의 데이터(430)를 복사하여 복사 보호구간(431)($T_p \sim T_p+T_c/2$)에 삽입하고, 유효 데이터 중 $T_p+T_c/2+T/2 \sim T_c+T_p+T/2$ 사이의 데이터(432)를 복사하여 복사 보호구간(433)($T_p+T_c/2+T \sim T_p+T_c+T$)에 삽입함으로써 구성된다. 파일럿 보호구간은 상기 설명한 CAZAC 특성을 갖는 파일럿 데이터열로 구성된다. 미리 정의된 길이만큼의 데이터열은 $0 \sim T_p$ 구간 동안(434) 삽입된다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는 파일럿 보호구간이 복사 보호구간에 앞서서 삽입되는 예를 설명하였다. 그러나 복사 보호구간을 기준으로 하여 어떠한 위치에서든 파일럿 보호구간이 삽입될 수 있다. 즉, 복사 보호구간의 사이에 파일럿 보호구간이 삽입될 수도 있다. 또한 본 발명에서 복사 보호구간을 삽입하지 않고 파일럿 보호구간만이 삽입될 수 있다. 이와 같이 구성하여 하나의 OFDM 심볼이 완성된다.

<70> B. 실시예

<71> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 송신 장치에 대한 구성을 보여주는 도면이다.

- <72> 상기 도 5를 참조하면, 상기 송신 장치는 역 고속푸우리에변환(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)부(510)와, 병렬/직렬(P/S: Parallel-to-Serial) 변환부(520)와, 보호구간 삽입부(530)와, 믹서(Mixer)(550)와, 디지털/아날로그 (D/A: Digital-to-Analog) 변환부(560)를 포함한다.
- <73> 상기 IFFT부(510)는 송신을 위해 입력되는 데이터를 IFFT 처리한다. 상기 P/S 변환부(520)는 상기 IFFT부(510)로부터의 병렬 데이터열을 직렬 데이터열로 변환한다. 상기 보호구간 삽입부(530)는 상기 P/S 변환부(520)로부터의 직렬 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하고, 상기 복사된 구간 데이터들을 상기 직렬 데이터열의 미리 설정된 위치에 보호구간 위치에 삽입한다. 상기 믹서(550)는 상기 보호구간 삽입부(530)의 출력과 UW 시퀀스(540)를 입력하고, 상기 UW 시퀀스(540)를 미리 결정된 위치에 삽입하여 출력한다. 상기 D/A 변환기(560)는 상기 믹서(550)로부터의 출력을 아날로그 변환하여 출력한다. 상기 D/A 변환기(560)로부터의 출력은 안테나를 통해 전송되게 된다.
- <74> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 삽입 장치의 구성을 보여주는 도면이다.
- <75> 상기 도 6을 참조하면, 상기 보호구간 삽입 장치는 보호구간 삽입부(530)와, 버퍼(570)와, 제어부(580)와, 선택부(590)를 포함한다. 상기 보호구간 삽입부(530)는 송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하고, 상기 복사된 구간 데이터들을 상기 입력 데이터열의 미리 설정된 보호구간 위치에 삽입한다. 상기 버퍼(570)는 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들(UW)을 저장하고 있다. 상기 선택부(590)는 상기 보호구간 삽입부(530)의 출력 데이터열과 상기 특정 워드들을 선택적으로 입력하고, 상기 출력 데이터열에 상기 특정 워드들이 삽입된 OFDM 심볼을 출력한다. 상기 제어부(580)는 상기 선택부(590)의 선택적 입력 동작을 제어하기 위한 것이다.



- <76> 일 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치할 수 있다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치하거나, 상기 보호구간의 뒤, 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치하거나, 상기 보호구간의 사이에 위치할 수 있다.
- <77> 다른 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 뒤 부분에 위치할 수 있다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치할 수 있다.
- <78> 또 다른 예로, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분과 뒤 부분에 위치할 수 있다. 이때 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치할 수 있다.
- <79> 전술한 도 1에서와 같이 병/직렬 변환부(114)로부터 출력되는 데이터는 IFFT 처리된 직렬 데이터로, 상기 도 4a에 도시된 T의 길이를 갖는 유효 데이터가 된다. 상기 유효 데이터는 도 6의 보호구간 삽입부(530)로 입력되어 복사 보호구간이 삽입된 상태의 데이터열로 출력된다. 파일럿 보호구간에 삽입될 데이터열은 미리 결정된 길이 및 개수만큼 버퍼(570)에 저장되어 있다. 이때 제어부(580)에서 기존 보호구간 삽입부(530)와 버퍼(570)로 제어신호를 출력하여 매 심볼마다 보호구간이 삽입되는 시점을 제어한다. 또한 상기 제어부(580)는 선택부(590)로 제어신호를 보내어, 버퍼(570)의 출력과 보호구간 삽입부(530)의 출력이 1개의 OFDM 심볼로 구성되는 순서를 선택한다. 이에 대한 설명은 후술될 도 7을 참조하여 더 상세히 설명하기로 한다.
- <80> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 삽입 동작의 처리 흐름을 보여주는 도면이다.
- <81> 상기 도 7을 참조하면, 701단계에서 상기 도 6의 제어부(580)는 대기상태를 유지한다. 여기서 대기 상태란 유효 데이터가 입력되는 것을 대기하는 상태를 말한다. 대기상태를 유지하

다가 유효 데이터를 수신하며, 702단계에서 복사 보호구간 설정 및 삽입과정을 수행한다. 이 과정은 기존 보호구간 삽입부(530)에서 수행되므로, 이에 대한 자세한 내용은 설명하지 않기로 한다.

<82> 복사 보호구간이 702단계에서 발생되어 삽입되는 동안, 버퍼(570)에서 파일럿 보호구간이 발생된다(703단계). 파일럿 보호구간은 미리 결정된 길이만큼(T_p)동안 발생된다. 이후 상기 복사 보호구간이 삽입된 데이터열(702단계)과 파일럿 보호구간(703단계)은 선택부(590)로 입력되어 제어부(580)의 제어신호에 따라 출력된다. 파일럿 보호구간과 복사 보호구간 및 유효 데이터의 순서가 결정되면, 705단계에서 하나의 OFDM 심볼을 생성할 수 있게 된다.

<83> 도 8은 본발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 수신 장치에 대한 구성을 보여주는 도면이다.

<84> 상기 도 8을 참조하면, 상기 수신 장치는 A/D 변환기(810)와, UW 제거부(820)와, 보호구간 제거부(830)와, FFT부(840)와, 채널추정기 및 동기획득부(850)를 포함하여 구성된다.

<85> 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 보호구간 제거 장치의 구성을 보여주는 도면이다. 이 구성은 수신된 OFDM 심볼로부터 보호구간을 제거하기 위한 보호구간 제거부의 내부 블록 구성도이다. 이하 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 OFDM 심볼로부터 보호구간을 제거하기 위한 보호구간 제거부의 내부 구성 및 동작에 대하여 상세히 설명한다.

<86> 상기 도 9를 참조하면, 수신기의 제거부 구조는 기존 구조와 크게 다르지 않다. 수신기에서 A/D 변환되어 수신된 OFDM 심볼은 보호구간 제거부로 입력된다. 상기 도 5에서 도시한 송신기로부터의 OFDM 심볼이 입력된다. 그러면 상기 OFDM 심볼은 버퍼(860)와 카운터(870)로 입력된다. 상기 버퍼(860)는 수신되는 OFDM 심볼을 순차적으로 저장하여 출력하는 FIFO(First

Input First Output)로 구성하거나 또는 래치 회로 등을 이용할 수 있다. 또한 카운터(870)는 수신되는 OFDM 심볼마다 카운트하고, 이를 제어부(880)로 출력한다. 상기 제어부(880)는 카운트 값이 하나의 OFDM 심볼단위가 될 때마다 리셋 하거나 또는 카운터 자체를 하나의 OFDM 심볼단위로 카운트가 발생하도록 구성할 수 있다. 수신 신호의 동기가 획득된 이후에 심볼을 카운트해야 하므로 카운터(870)는 동기가 획득된 이후에 카운트를 수행한다. 즉, 채널추정기 및 동기획득부(850)에서 획득한 동기 정보를 이용하여 UW 제거부(820) 및 보호구간 제거부(830)에서 UW 제거 동작 및 보호구간 제거 동작을 수행한다. 또한 제어부(880)는 스위치(890)의 온/오프 제어 신호를 생성하여 출력한다. 따라서 상기 버퍼(860)로부터 출력되는 신호는 스위치(890)의 온/오프 동작에 따라 보호구간이 제거되며, 이를 통해 유효 데이터열만을 출력하게 된다.

<87> 본 발명의 실시예에 따라 수신부에서 심볼 동기획득과 반송파 주파수 편차를 추정하는 과정을 자세히 설명하면 다음과 같다.

<88> 본 발명의 심볼 동기획득은 아주 쉽고, 정확하게 수행된다. 파일럿 데이터열에 사용되는 CAZAC 데이터열은 자기상관특성이 매우 뛰어나고 상호상관특성(cross-correlation)이 0에 가깝다. 그러므로, CP만을 사용하여 심볼 동기획득을 하는 것보다 동기획득 성공률이 훨씬 높다.

<89> 수신된 기저대역 신호가 $r(k)$ 라고 하고, 시간편차 θ 와 주파수편차 ϵ 을 가지고 수신된다고 하면, 하기의 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

<90> **【수학식 4】** $r(k) = s(k - \theta) e^{j2\pi\epsilon k/N} + n(k)$

<91> 상기 <수학식 4>에서, $s(k)$ 는 송신신호, $n(k)$ 는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 신호를 나타낸다.

<92> **【수학식 5】** $E\{r(k)r^*(k+m)\} = \sigma_s^2 + \sigma_n^2, m=0$

<93> 상기 <수학식 5>는 수신 신호 $r(k)$ 의 자기 상관을 구하는 식이다. 상기 <수학식 5>는 $m=0$ 일 때, 수신 신호 $r(k)$ 의 자기 상관을 구하는 식이 되고, 만약, m 이 한 OFDM 심볼 길이 라면 상호 상관을 구하는 식이 될 것이다. 수학식 5에서 k 는 시간편차 $\{0, \dots, \theta + T_P + 1\}$ 의 한 값이고, 송신신호 $s(k)$ 의 분산은 $\sigma_s^2 = E\{|s^2(k)|\}$ 이고, AWGN 신호 $n(k)$ 의 분산은 $\sigma_n^2 = E\{|n^2(k)|\}$ 이다. 시간 동기획득은 $E\{r(k)r^*(k)\}$ 값, 즉 자기 상관 값이 최대가 될 때 이루어지며, 이때의 k 값이 시간편차 θ 가 될 것이다.

<94> **【수학식 6】**
$$E\{r(k)r^*(k+m)\} = \sigma_s^2 e^{-j2\pi \epsilon \frac{T_C + T_P + T}{T}}, \quad m = T_C + T_P + T$$

<95> 주파수 편차 추정은 상기 <수학식 6>에서 보인다. 즉, 상기 <수학식 5>에서 m 값을 한 OFDM 심볼 간격($m = T_C + T_P + T$)으로 하여, 주파수의 편차를 구해내는 것이다. 주파수 편차는 주파수의 뒤틀림 정도를 판정하는 것이기 때문에 적어도 두 OFDM 심볼은 관찰해야 한다. 주파수 편차 추정은 상기에서 구한 정확한 시간 편차 값 θ 와 수신 신호 $r(k)$ 의 상호 상관 값으로 구할 수 있다. 상기 <수학식 6>은 하기 <수학식 7>과 같이 나타낼 수 있다.

<96> **【수학식 7】**
$$R(\theta) = \sum_{k=\theta}^{\theta + T_P + 1} r(k)r^*(k + T_P + T_C + T)$$

<97> 상기 <수학식 6>은 수신 신호 $r(k)$ 와 한 심볼 길이만큼 지연된 $r(k + T_P + T_C + T)$ 를 파일럿 보호구간 길이(T_P)동안 상호 상관을 취한 것이다. 즉, $R(\theta)$ 은 이 때의 상호 상관 값을 나타낸다. $R(\theta)$ 의 편각(argument)이 곧 상기 <수학식 6>의 위상 성분이 되며, 주파수 편차를 추정할 수 있다. 그렇게 하면, 하기의 <수학식 8>과 같이 나타낼 수 있다.

<98> **【수학식 8】**
$$\tilde{\epsilon} = -\frac{1}{2\pi} \frac{T}{T + T_C + T_P} \angle R(\theta)$$

<99> 도 10은 본 발명의 실시예에 따라 파일럿 보호구간을 이용하여 시간 동기 및 주파수 편차 추정을 위한 동기 획득부의 구성을 보여주는 도면이다. 이 도면은 도 8의 채널 추정 및 동기 획득부(850)의 내부 구성이라고 볼 수 있다.

<100> 상기 도 10을 참조하면, 기저대역 수신신호 $r(k)$ 는 자기상관부(901)로 입력되어 자기상관과정을 거친 후, 최대값을 갖는 k 를 시간편차 Θ 로 판정한다. 한편, $r(k)$ 는 한 심볼만큼 지연부(902)에 의해 지연되고 연산기(903)에 의해 복소(conjugation) 연산된 뒤에 승산기(904)에 의해 자기 자신과 곱하여진다. 곱해진 값은 시간편차 추정으로 얻어진 Θ 에서 T_P 동안 누적기(905)에 의해 누적된다. 누적된 값의 편각(argument)(906)은 $-\frac{1}{2\pi} \frac{T}{T+T_C+T_P}$ 과 승산기(807)에 의해 곱해져서 주파수 편차 ε 추정에 사용된다.

<101> C. 시뮬레이션 결과

<102> 도 11 내지 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 시뮬레이션 결과들을 보여주는 도면이다. 상기 도 11은 다중경로 채널이 SUI 3 모델인 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주는 도면이고, 상기 도 12는 다중경로 채널이 SUI 4 모델인 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주는 도면이고, 상기 도 13은 다중경로 채널이 SUI 5 모델인 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주는 도면이다.

<103> 이러한 시뮬레이션 결과들은 하기의 <표 2>에 나타낸 바와 같은 조건들하에서 얻어진 것이다.

<104>

【표 2】

<ul style="list-style-type: none">* FFT size : 256* Guard interval size : 64* Bandwidth : 5MHz* Multipath channel : SUI 3, SUI 4, SUI 5* Modulation : QPSK* Coding : CC with bit interleaver* Perfect synchronization is assumed* Perfect channel estimation is assumed* Inserted UW length (UW len) is : 16, 32, 64
--

<105> UW 길이와 샘플링 시간에 의해 정규화된 최대 채널 임펄스 응답 지연이 보호구간보다 작은 경우(예를 들어, 도 11 및 도 12의 SUI 3 모델 및 SUI 4 모델에서 UW 길이가 16, 32인 경우), 기존의 보호구간 제거부를 통과한 후 얻어지는 결과는 삽입된 UW의 간섭이 용이하게 제거됨을 알 수 있다. 따라서 상이한 E_b/N_0 하에서 이들의 비트에러율(BER: Bit Error Rate) 성능은 이상적인 경우와 동일하게 된다. 여기서 이상적인 경우란 UW를 삽입하지 않고 단지 기존의 보호구간만을 가지는 경우를 말한다.

<106> 이와 달리, UW 길이 및 샘플링 시간에 의해 정규화되는 최대 채널 임펄스 응답 지연이 보호구간보다 큰 경우, 단지 기존의 보호구간 제거부만을 사용한다면, 삽입된 UW는 데이터 필드상에 간섭일 것이고, 이에 따라 간섭을 완전하게 제거되지 않을 것이다. 그러나 수신단에서 상기 UW 시퀀스를 알 수 있기 때문에, 정확하게 채널 정보를 얻을 수 있다면, 이러한 유형의 간섭을 용이하게 제거될 수 있을 것이다. 예를 들어, SUI 3, SUI 4, SUI 5 모델에서 UW 길이가 64인 경우(도 11 내지 도 13 참조)나 SUI 5 모델에서 UW 길이가 16, 32, 64인 경우(도 13 참조), 보호구간에 UW가 삽입되었지만, 이상적인 경우에 비해 1-3dB E_b/N_0 성능 감쇄가 있게 됨을 알 수 있다. 그러나, 삽입된 특정워드들은 OFDM 시스템을 위한 채널, 타이밍 및 반송파 오프셋 추정에 사용되어질 수 있다.



<107> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

【발명의 효과】

<108> 상술한 바와 같이 본 발명은 OFDM 통신 시스템 등에서 상기 파일럿 데이터열을 삽입함으로써 시간동기 추출하는 성능을 높일 수 있다. 그리고, 시간동기 추출 성능의 향상은 FFT 윈도우의 시작점을 정확히 찾아낼 수 있음을 의미하기 때문에 인접 심볼간 간섭 및 채널간 간섭을 줄일 수 있다. 또한 OFDM의 시간 영역에 파일럿 데이터열을 삽입함으로써 시변채널에서 채널의 변화를 추적할 수 있으므로 시스템의 비트오율 성능을 극대화시킬 수 있으며, 시간영역에 파일럿 데이터열을 삽입함으로써 프리앰블과 데이터로 구성된 패킷 또는 프레임의 길이를 더 길게 하여 데이터 대비 프리앰블의 비율을 극대화시키면서 성능의 저하 없이 정보를 전송할 수 있으므로 시스템의 전송효율을 높일 수 있다.

<109> 한편, 본 발명에서의 파일럿 데이터열이 주파수 영역의 파일럿 반송파들을 대체하여 사용된다면, 파일럿 반송파를 데이터 반송파로 사용하여, 전송효율을 높일 수 있을 것이다.



【특허청구범위】

【청구항 1】

직교주파수분할다중(OFDM) 방식 통신시스템에서, 보호구간과 데이터 구간으로 구성되는 OFDM 심볼을 송신하기 위한 방법에 있어서,

송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하는 과정과,

상기 복사된 구간 데이터들과 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들을 상기 보호구간에 채우고(filling), 상기 입력 데이터열을 상기 데이터 구간에 채우는 과정과,

상기 채워진 보호구간과 상기 채워진 데이터 구간으로 구성되는 OFDM 심볼을 송신하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 데이터 구간에 앞서서 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 특정 워드들을 채우기 위한 제1 구간과, 상기 복사된 구간 데이터들을 채우기 위한 제2 구간의 순서로 구성됨을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 복사된 구간 데이터들을 채우기 위한 제1 구간과, 상기 특정 워드들을 채우기 위한 제2 구간의 순서로 구성됨을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 복사된 구간 데이터들의 일부를 채우기 위한 제1 구간과, 상기 특정 워드들을 채우기 위한 제2 구간과, 상기 복사된 구간 데이터들의 나머지를 채우기 위한 제3 구간의 순서로 구성됨을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 특정 워드들은 파일럿 데이터열임을 특징으로 하는 상기 송신 방법.

【청구항 7】

직교주파수분할다중(OFDM) 방식 통신시스템에서, 송신을 위한 OFDM 심볼을 생성하는 방법에 있어서,

송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하는 과정과,

진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들로 채워지는 제1 보호구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 복사된 구간 데이터들로 채워지는 제2 보호구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 입력 데이터열로 채워지는 데이터 구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 제1 보호구간 심볼, 상기 데이터 구간 심볼 및 상기 제2 보호구간 심볼로 이루어지는 OFDM 심볼을 생성하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 8】

제7항에 있어서, 상기 구간 데이터들은 상기 입력 데이터열의 초기 위치로부터의 데이터 들임을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 9】

제7항에 있어서, 상기 특정 워드들은 파일럿 데이터열임을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 10】

직교주파수분할다중(OFDM) 방식 통신시스템에서, 송신을 위한 OFDM 심볼을 생성하는 방법에 있어서,

송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 제1 구간 데이터들 및 제2 구간 데이터들을 복사하는 과정과,



진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들로 채워지는 제1 보호구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 복사된 제1 구간 데이터들로 채워지는 제2 보호구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 입력 데이터열로 채워지는 데이터 구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 복사된 제2 구간 데이터들로 채워지는 제3 보호구간 심볼을 생성하는 과정과,

상기 제1 보호구간 심볼, 상기 제2 보호구간 심볼, 상기 데이터 구간 심볼 및 상기 제3 보호구간 심볼로 이루어지는 OFDM 심볼을 생성하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 11】

제10항에 있어서, 상기 입력 데이터열은 제1 데이터열 및 제2 데이터열로 분할되고, 상기 제1 구간 데이터들은 상기 제1 데이터열의 마지막 위치로부터의 이전 데이터들임을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 12】

제10항에 있어서, 상기 입력 데이터열은 제1 데이터열 및 제2 데이터열로 분할되고, 상기 제2 구간 데이터들은 상기 제2 데이터열의 초기 위치로부터의 데이터들임을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 13】

제10항에 있어서, 상기 특정 워드들은 파일럿 데이터열임을 특징으로 하는 상기 생성 방법.

【청구항 14】

직교주파수분할다중(OFDM) 방식 통신시스템에서, 보호구간과 데이터 구간으로 구성되는 OFDM 심볼을 송신하기 위한 장치에 있어서,

송신을 위해 입력되는 데이터열중 미리 설정된 위치의 구간 데이터들을 복사하고, 상기 복사된 구간 데이터들을 상기 입력 데이터열의 미리 설정된 보호구간 위치에 삽입하는 보호구간 삽입부와,

상기 보호구간 삽입부의 출력 데이터열과 진폭이 일정하고 비주기적 자기상관 특성을 가지는 특정 워드들을 선택적으로 입력하고, 상기 출력 데이터열에 상기 특정 워드들이 삽입된 OFDM 심볼을 출력하는 선택부를 포함함을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 15】

제14항에 있어서,

상기 특정 워드들을 저장하기 위한 버퍼와,

상기 선택부의 선택적 입력 동작을 제어하기 위한 제어부를 더 포함함을 특징으로 하는 상기 송신 장치.



【청구항 16】

제14항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 17】

제16항에 있어서, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 18】

제16항에 있어서, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 뒤, 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 19】

제16항에 있어서, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 20】

제14항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 뒤 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.



【청구항 21】

제20항에 있어서, 상기 특정 워드들은 상기 입력 데이터열의 앞 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 22】

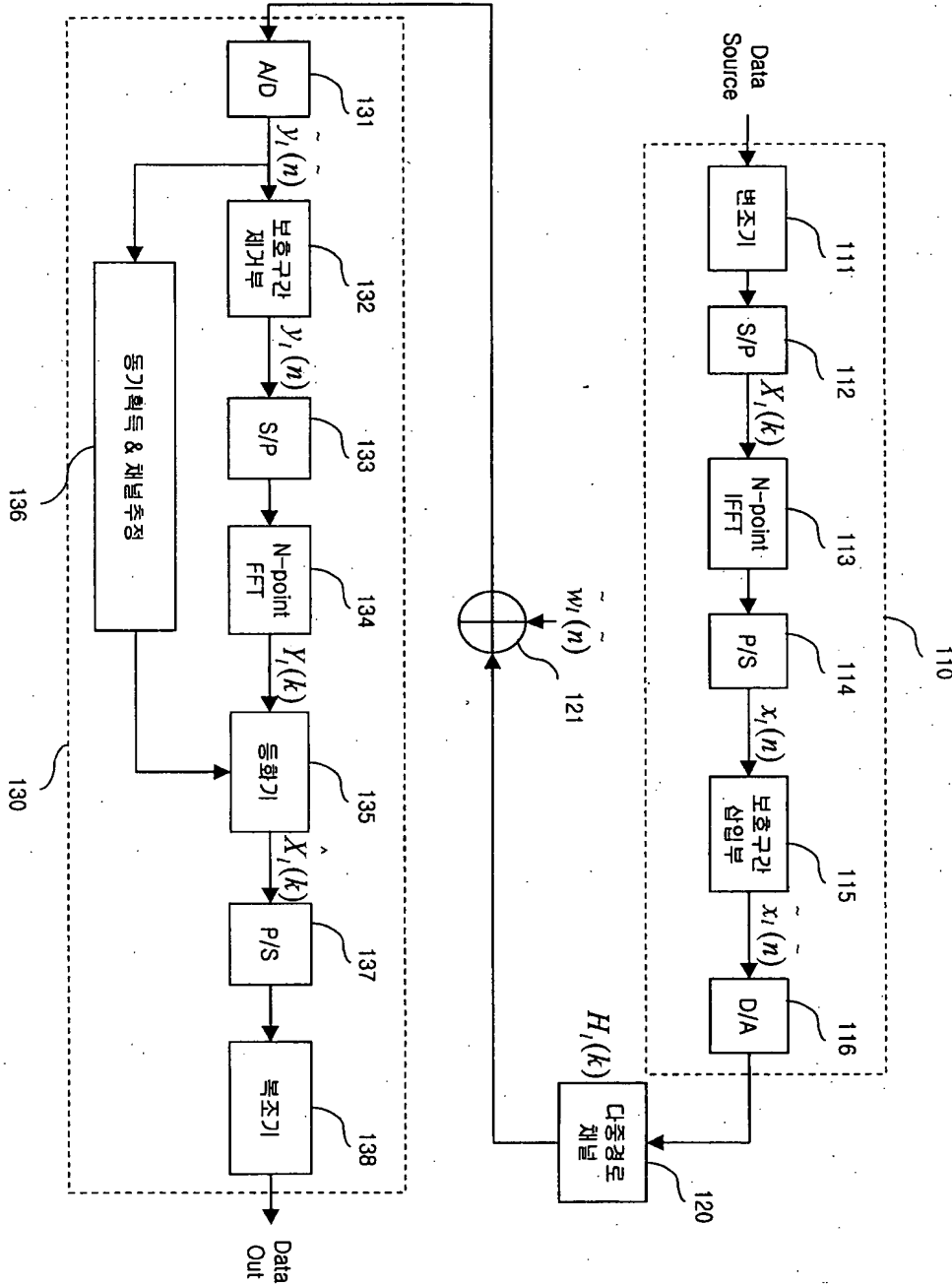
제14항에 있어서, 상기 보호구간은 상기 입력 데이터열의 앞 부분과 뒤 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【청구항 23】

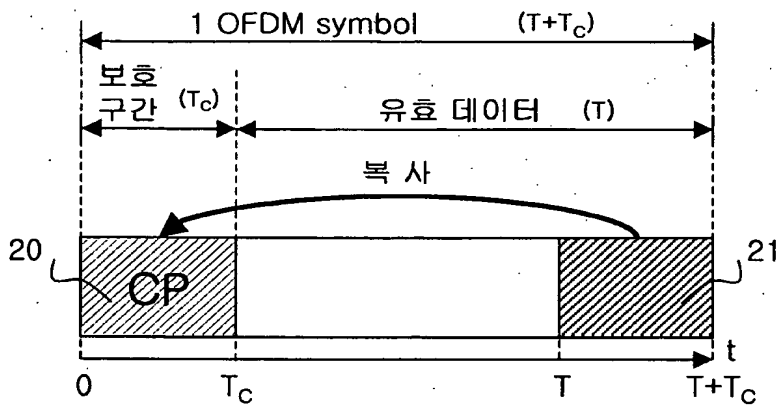
제22항에 있어서, 상기 특정 워드들은 상기 보호구간의 앞 부분에 위치하는 것을 특징으로 하는 상기 송신 장치.

【도면】

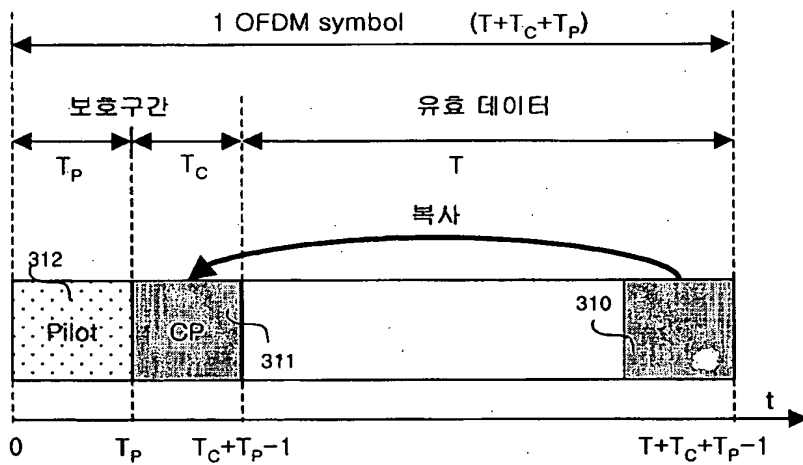
【도 1】



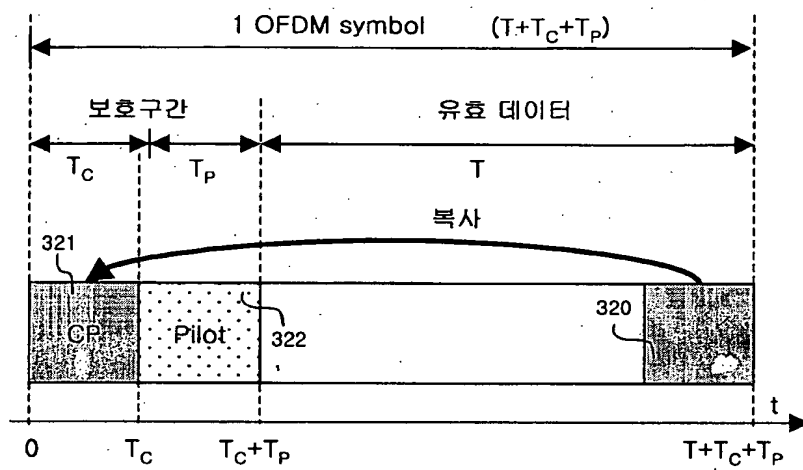
【도 2】



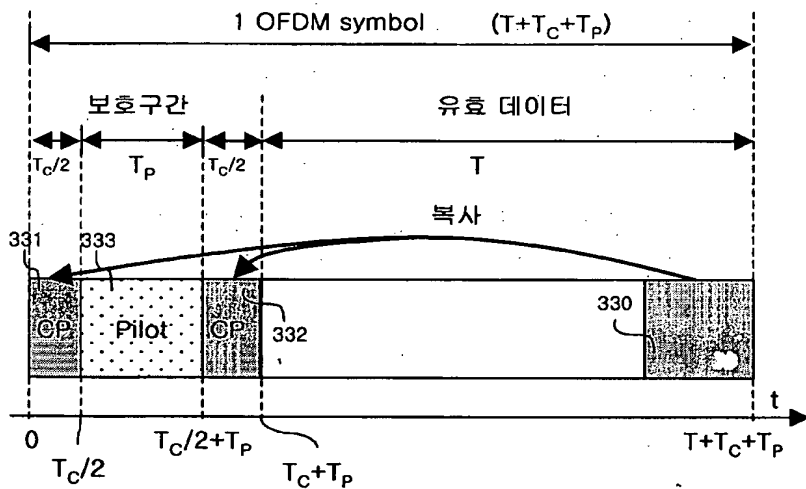
【도 3a】



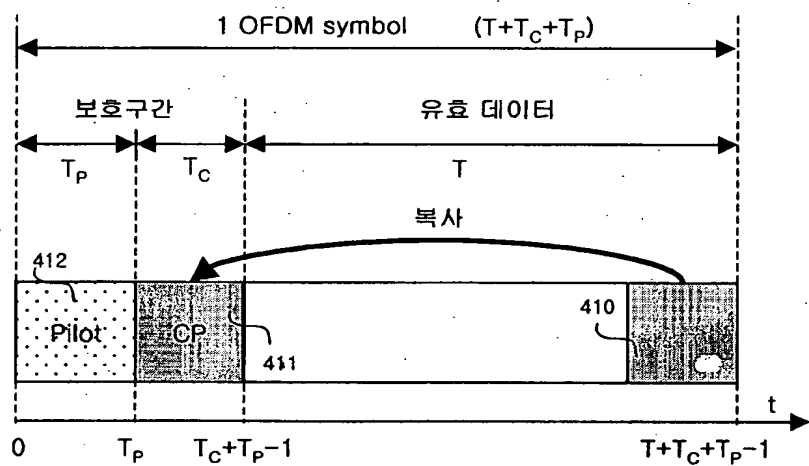
【도 3b】



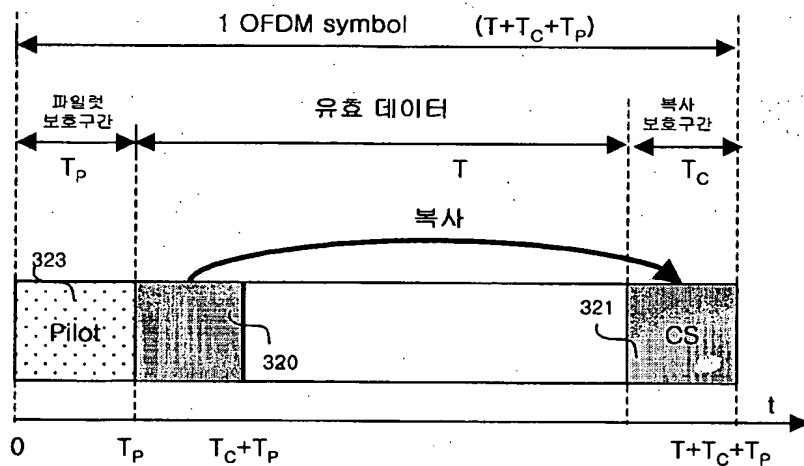
【도 3c】



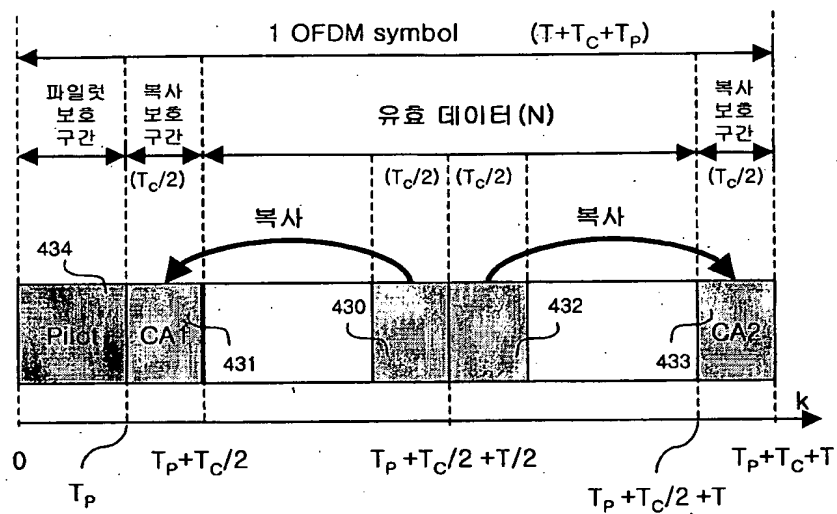
【도 4a】



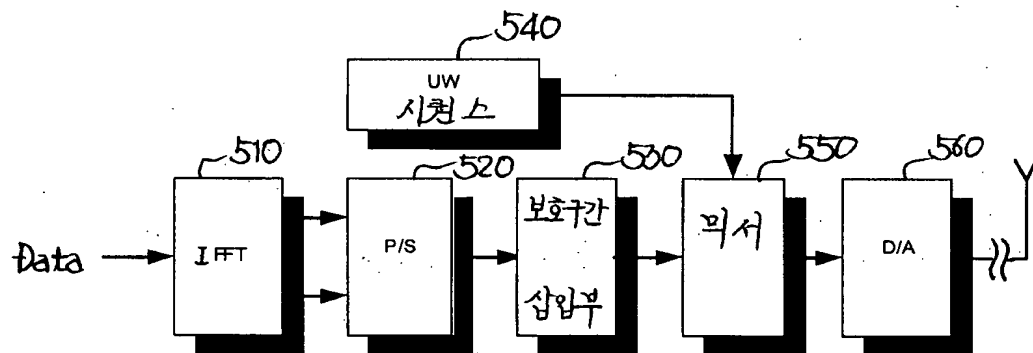
【도 4b】



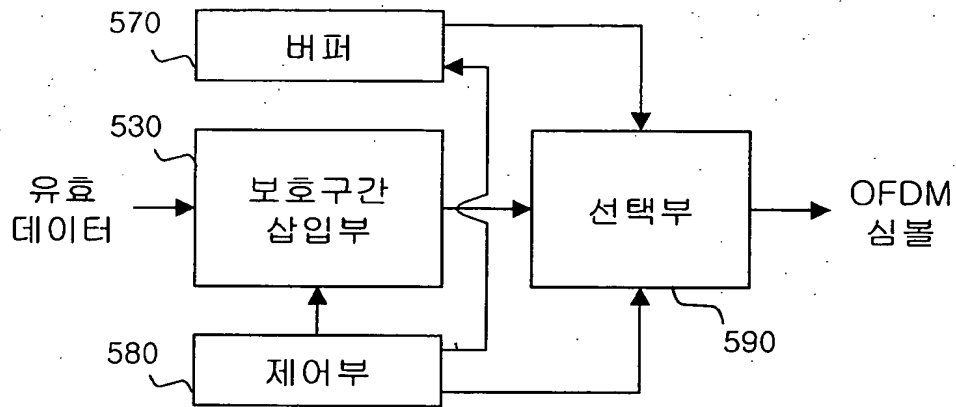
【도 4c】



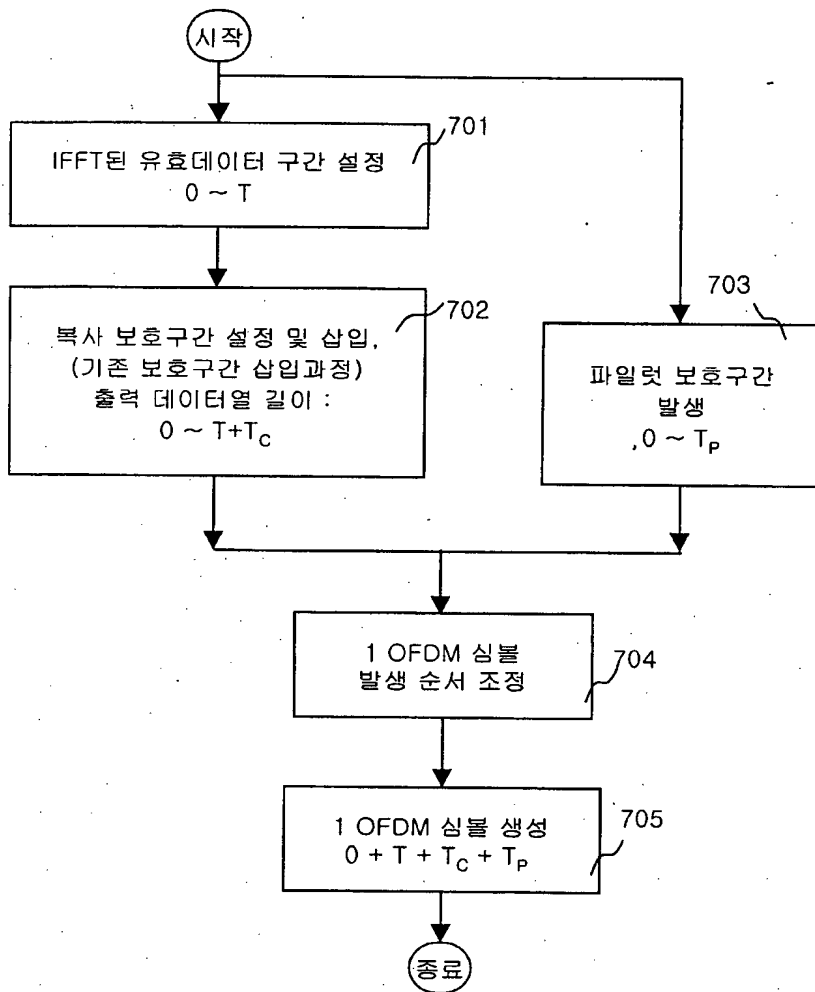
【도 5】



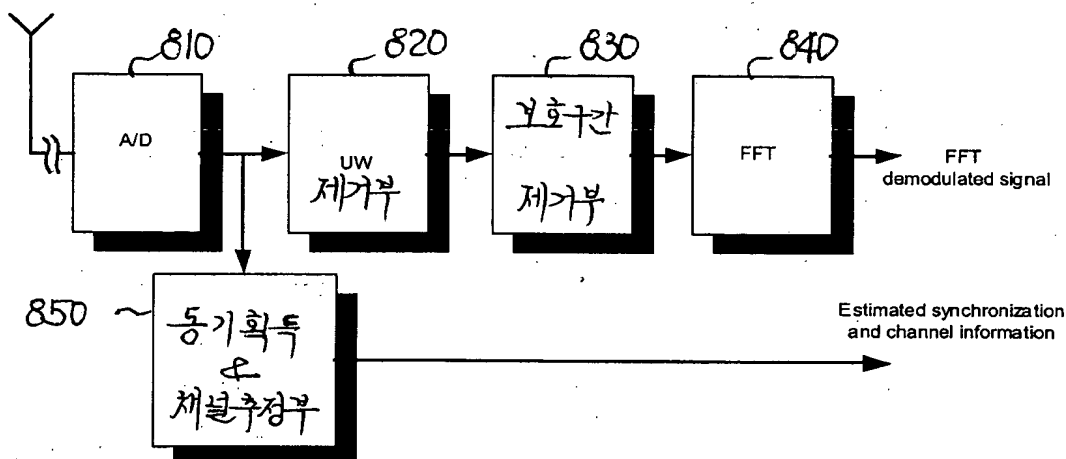
【도 6】



【도 7】

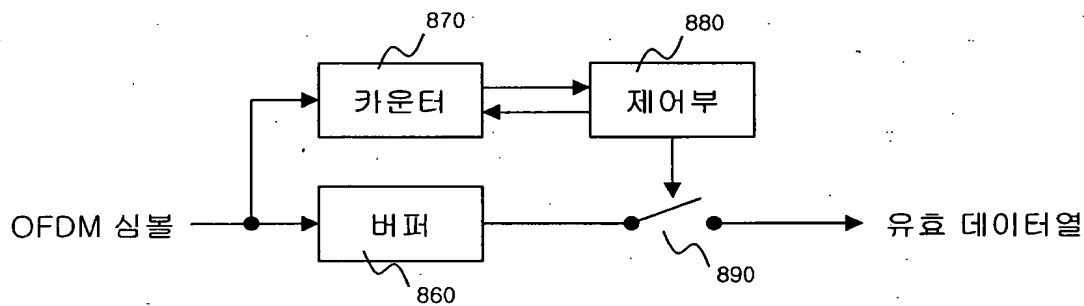


【도 8】

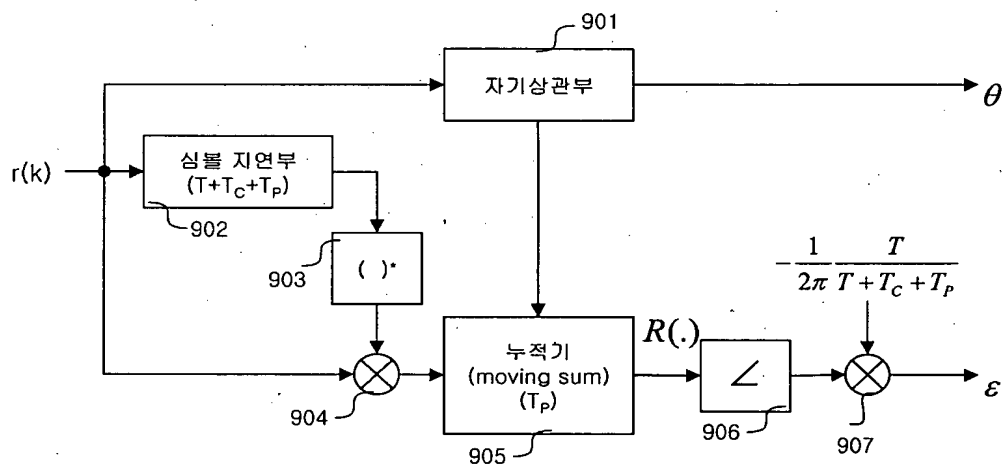




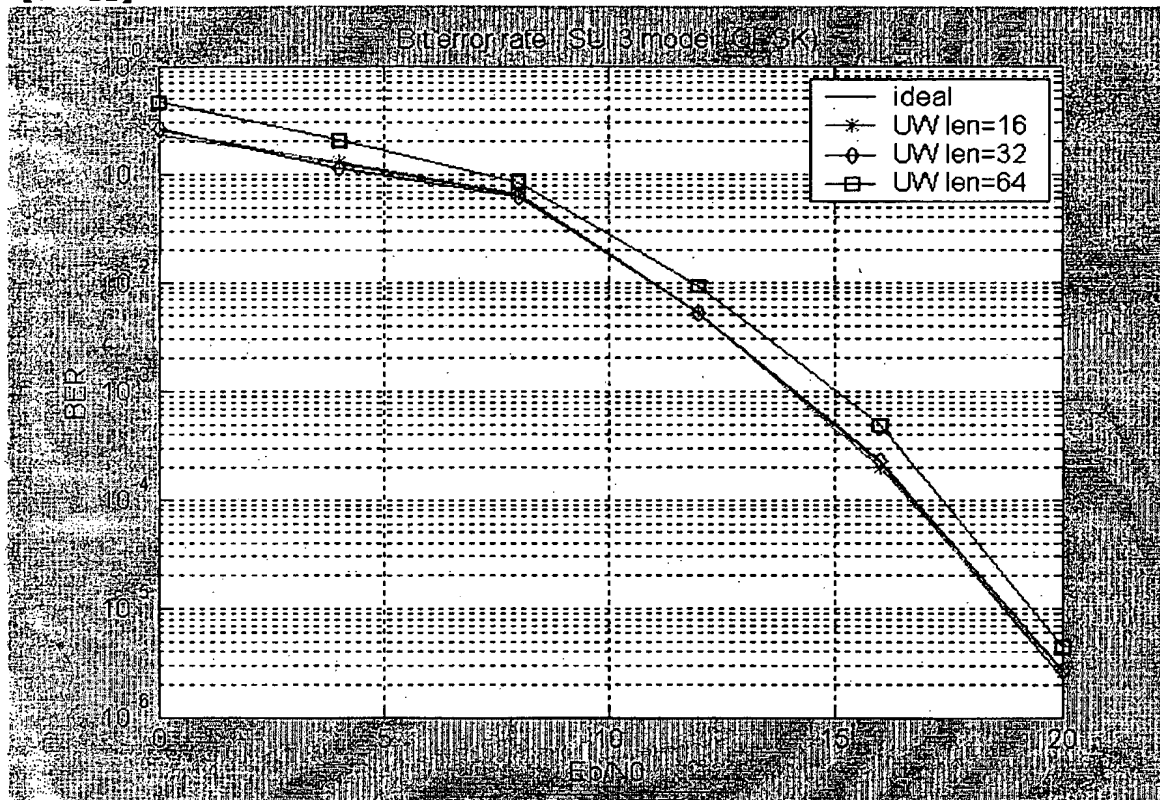
【도 9】



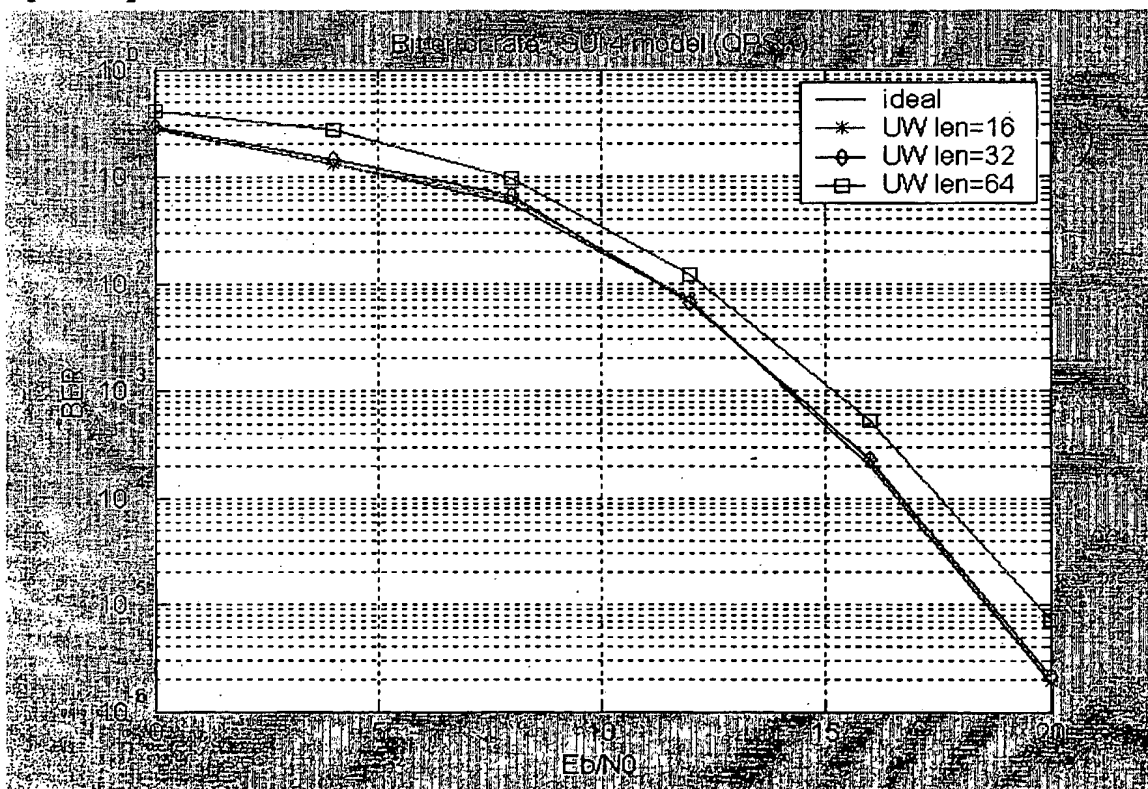
【도 10】



【도 11】



【도 12】



【도 13】

